

ся нахождение эффективных алгоритмов построения перестановок палитры соответствующей определенному значению ЦВЗ.

1.Anderson R., editor. // Proc. Int. Workshop on Information Hiding: Lecture Notes in Computer Science. Springer – Verlag, Cambridge. 1996.

2.Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. – P.123-132.

3.Kutter M., Jordan F., Bossen F. Digital signature of color images using amplitude modulation // Proc. Of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video DataBases V. 1997. Vol. 3022. – P.518 – 526.

4.Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. – P.123-132.

5.Cox I., Kilian J., Leighton T., Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking // Signal Processing, Special Issue on Copyright Protection and Control. 1998. Vol.66. #3. – P.357-372.

*Получено 16.07.2004*

УДК 629.12

В.А.ГОЛЕНДЕР, канд. техн. наук

*Гуманитарно-технический институт, г.Харьков*

Н.А.ГУБЕНКО, Б.М.КОРЖИК, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЯ, ОЦЕНКА И ПУТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ**

Рассматриваются проблемы снижения виброакустической активности подвижного состава трамвая, оказывающей негативное влияние на водителей и машинистов, пассажиров и других участников дорожного движения, как одной из приоритетных задач обеспечения безопасности жизнедеятельности людей, охраны их здоровья и среды обитания.

Шум в городах и селитебных зонах неизбежно растет по мере увеличения скорости движения транспортных средств, объемов перевозок пассажиров и грузов. Естественно, что более интенсивно он возрастает на основных транспортных магистралях крупных городов и промышленных центров. По данным Всемирной организации здравоохранения шумовой фон в городах Европы за каждые десять лет повышается в среднем на 1-2 дБ. Оказывая негативное влияние на всех участников движения вообще, шум существенно влияет на потенциальную опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

В силу специфики взаимодействия городского рельсового подвижного состава с рельсами и верхним строением пути, их содержанием в исправном состоянии, наиболее виброактивным является трамвай [1, 2]. Справедливости ради следует сказать, что вместе с этим трамвай

более экономичный из всех видов общественного транспорта, к тому же имеет резерв повышения скорости сообщения (скоростной трамвай), который объективно связан с возможностями безопасного движения на изолированном пути.

Сказанное небезынтересно связать с материальными потерями, которые возникают из-за «транспортных пробок» на оживленных магистралях европейских мегаполисов, в том числе и в крупных городах Украины. Они, согласно статистическим данным по грузоперевозкам, например, в Германии, составляют до 0,5 млрд. евро/год. И это без учета моральных издержек и потерь при ДТП.

Трамвай же, имея относительно большую массу, большой обзор для водителя, сравнительно невысокую конструктивную скорость, направляющую колею, меньше, чем другие транспортные единицы, подвержен указанным недостаткам.

Среди общественного транспорта трамвай можно отнести к перспективным видам городского электротранспорта. Сейчас на его долю приходится около 20% всех пассажироперевозок города. В ближайшее десятилетие в Украине планируется увеличить этот объем до 25% и более. Примечателен и тот факт, что во Франции трамвай не эксплуатировался почти 50 лет. Сейчас он там возрождается, вводятся в действие линии скоростного трамвайного сообщения.

Интересны и другие перспективы трамвая, которые авторы усматривают, развивая идеи ученых Германии, например апробированный на моделях проект Карго-мувер («окна» движения пассажирских рельсовых транспортных единиц заполняют самодвижущие вагоны с грузами) развить в подобном направлении для трамвая – пустить грузовые контейнеры по трамвайным рельсовым путям в ночное время. Также можно по аналогии с опытом эксплуатации в Европе бимодального транспорта (колесный - рельсовый; рельсовый - колесный) «в окнах движения» на линиях скоростного трамвая задействовать специальные «самодвижущиеся» седельные тележки и на них «самоустанавливать» седельные автомобильные полуприцепы. Тогда в пользу трамвая станут свидетельствовать такие технико-экономические показатели, как универсальность, большая провозная способность пассажиров и грузов, экономичность, экологичность, безопасность эксплуатации в осложненных дорожных условиях современного города.

Однако трамвай был и является сравнительно шумным видом городского транспорта. Вибрация элементов экипажной и ходовой частей его подвижного состава, соответственно излучаемый шум, имеют высокий уровень (в частности, по структурному шуму – около 80 дБА). И это понятно. В более чем 200-летней истории развития трам-

вая решались в основном две глобальные задачи: повышение технико-экономических показателей использования трамвая для пассажироперевозок и обязательное обеспечение их безопасности.

В последние десятилетия (еще в бывшем Союзе) к ним добавился и стал актуальным вопрос о снижении виброакустической активности этого вида транспорта [3, 4]. В этом отношении в эволюции подвижного состава трамвая отметим два технических решения, которые существенно снизили его виброакустическую активность. Первое – это преобразование рамного экипажа на тележечную конструкцию, когда кузовная часть поддрессорена центральным подвешиванием. Второе – замена жестких ходовых колес на подрезиненные. То есть, и ходовая часть стала иметь виброгасящие, амортизирующие элементы.

Эти решения разрабатывали конструкторы трамвайных производств путем естественного сравнения с ранее достигнутым, самым простым и доступным методом «проб и ошибок», без необходимого (в таких случаях) теоретико-экспериментального обоснования [5, 6].

Значительно позже стали использовать методы и методики железнодорожной динамики вагонов, основоположником которых был академик В.А.Лазарян [7]. Однако арсенал виброакустических подходов к вопросам снижения шума, излучаемого трамвайными вагонами, был ограничен в основном оценками по факту (лучше - хуже). Соответственно, на стадии проектирования технические предложения, позволяющие снизить шум и вибрации элементов экипажной и ходовой частей трамвайных вагонов, носили и носят сегодня приближенный характер.

Известно [8, 9], что механизм шумообразования связан с колебаниями (вибрациями), которые возбуждаются механическим, аэро- и гидродинамическим путями. Однако только для некоторых машин и установок существуют методики, следуя которым можно определить звуковую мощность шума расчетным путем [8, 10, 11]. Другие методы расчета не дают однозначной оценки.

Тем не менее, и для трамвайного вагоностроения желательно на стадии проектирования иметь возможность прогнозировать уровень шума в заданном месте, при одновременном шумоизлучении несколькими источниками шум суммировать и сравнивать с нормативными значениями.

Таким образом, задача оценки и снижения шума, излучаемого подвижным составом трамвая, движущегося по транспортным артериям современного города, с повышенными скоростями, с увеличением парности движения, с новыми функциональными особенностями перевозок сегодня стоит на повестке дня.

При выборе целей и задач авторы руководствовались законодательными актами и нормативными документами по охране труда, гражданской защиты и безопасности жизнедеятельности. В связи с этим цель многозначна: адаптировать и развить достижения в исследованиях динамики взаимодействия подвижного состава с рельсами и верхним строением пути, ограничить уровень колебаний (вибрация и шум) в единой системе «водитель – подвижной состав трамвая – путь», снизить виброакустическую активность трамвая и, как следствие, уменьшить фактор утомляемости водителя и пассажиров, благодаря чему повысить бдительность участников дорожного движения, стараясь не допускать ДТП.

Снижение виброакустической активности решается теоретико-экспериментальным методом, при котором удастся связать воедино составляющие исследуемых процессов шумообразования, а именно: – ПРИЧИНА (движение трамвайных вагонов под действием электрической тяги, по неровному рельсовому пути, на неоднородном основании) – СЛЕДСТВИЕ (динамика переходных процессов и резонансных явлений, сопровождающаяся вибрацией элементов экипажной и ходовой частей подвижного состава) – ПОСЛЕДСТВИЯ (шумоизлучение).

Таким образом, при существенном снижении виброакустической активности трамваев соответственно изменится и итоговое загрязнение по шуму на транспортных магистралях городов и промышленных центров, а значит, создадутся предпосылки для обеспечения безопасности пассажирских и грузовых перевозок.

В этой связи конкретизируем основные задачи, стоящие перед нами:

- достаточно полно (для целей исследований) идентифицировать параметры обобщенной системы «водитель – подвижной состав трамвая – путь – среда обитания» и на их основе построить динамическую модель движущегося электроподвижного состава трамвая;

- провести широкомасштабные исследования и уточнить зависимости, которые связывают основные составляющие шума, возникающего от вибраций отдельных элементов вагона. Получить интегральные оценки суммарного уровня шума;

- на основе предложенного теоретико-экспериментального обобщения полученных данных разработать предложения по снижению виброакустической активности усеченной системы «подвижной состав трамвая – путь»;

- предложить подход к решению обратной задачи образования общего уровня шума, возникающего на транспортных магистралях города, а именно детектирование (из суммарного уровня) уровня трам-

вайнного шума.

1. Коржик Б.М., Губенко В.Д., Голендер В.А. Определение суммарного усилия взаимодействия при наезде колеса трамвая на стык // Наука и техника в городском хозяйстве. Вып. 48. – К.: НИКТИ ГХ, 1981. – С. 44-47.

2. Губенко В.Д. Исследование процессов шумоизлучения рельсового горзлектротранспорта с целью снижения их вредного воздействия на организм человека: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1991. – 19 с.

3. ГОСТ 8802-69. Вибрация и шум. Основные понятия и определения.

4. ОСТ 24.050.18. 1971. Допустимые уровни шума и методы его измерения в вагонах пассажирских, электро- и дизель-поездов, автомотрис, трамваев и метрополитена.

5. Исследования основных источников шума рельсового подвижного состава городского транспорта / Отчет ВНИИ вагоностроения № 1758. – М., 1973. – 75 с.

6. Комплексные исследования и испытания опытных образцов трамвайных вагонов новой конструкции типа РВЗ-7 / Отчет ВНИИ вагоностроения. Гос. рег. № 75004194. – М., 1974. – 86 с.

7. Лазарян В.А. Динамика вагонов – устойчивость движения и колебания. – М.: Трансжелдориздат, 1964. – 255 с.

8. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я.Юдин, Л.А.Борисов, И.В.Горенштейн и др.; Под общ. ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

9. Борисов Л.П., Гужас Д.Р. Звукоизоляция в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

10. Лопашев Л.М., Осипов Г.Л., Федосеева Е.Н. Методы измерения и нормирования шумовых характеристик. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 232 с.

11. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Г.Л.Осипова, Е.Я.Юдина. – М.: Стройиздат, 1987. – 558 с.

*Получено 29.07.2004*

УДК 534.83

**В.Э.АБРАКИТОВ**, канд. техн. наук, **В.А.РУСОВА**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **МНОГОСЛОЙНАЯ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩАЯ ПАНЕЛЬ**

Предлагается новая конструкция многослойной ограждающей панели, использующая слой пористого материала для обеспечения эффекта шумопоглощения.

Вопросы борьбы с шумом в настоящее время приобретают всё большую актуальность. Одним из путей решения этой проблемы является конструирование многослойных звукопоглощающих панелей, выполненных из пористых звукопоглотителей [1, 2].

Собственно говоря, многослойные звукопоглощающие панели хорошо известны. Однако в подробном описании механизма их действия, приведенном, например, в [3], дословно указано: “все они обладают сквозной пористостью с размерами менее 1 мм. Внутри пор может распространяться звук, затухающий из-за потерь” (по нашим данным, это верно лишь, когда  $d > 10^{-7}$  м, как это следует из нижеизло-